



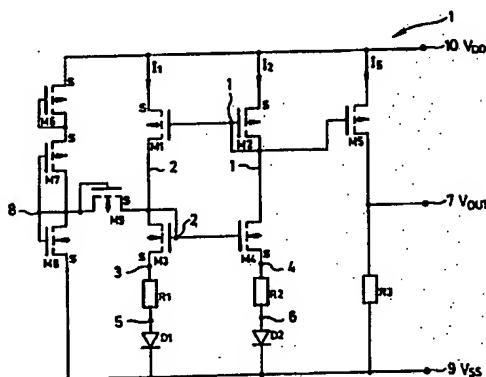
A12

**PCT**  
WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales Büro  
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation 5 : <b>G01K 7/00</b>		(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 91/06839</b>
<b>A1</b>		(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: <b>16. Mai 1991 (16.05.91)</b>
(21) Internationales Aktenzeichen: <b>PCT/DE90/00607</b>		(74) Anwalt: <b>SCHOPPE, Fritz; Seitnerstraße 42, D-8023 Pullach bei München (DE).</b>
(22) Internationales Anmeldedatum: <b>6. August 1990 (06.08.90)</b>		(81) Bestimmungsstaaten: <b>AT (europäisches Patent), BE (europäisches Patent), CH (europäisches Patent), DE (europäisches Patent)*, DK (europäisches Patent), ES (europäisches Patent), FR (europäisches Patent), GB (europäisches Patent), IT (europäisches Patent), JP, KR, LU (europäisches Patent), NL (europäisches Patent), SE (europäisches Patent), US.</b>
(30) Prioritätsdaten: P 39 36 773.8      4. November 1989 (04.11.89)    DE P 40 01 509.2      19. Januar 1990 (19.01.90)      DE		Veröffentlicht <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i>
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): <b>FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG E.V. [DE/DE]; Leonrodstraße 54, D-8000 München 19 (DE).</b>		
(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US) : <b>DALSASS, Karl-Günther [DE/DE]; Am Hasloth 4, D-4130 Moers 3 (DE). HO-STICKA, Bedrich [DE/DE]; Zieglerstraße 27, D-4100 Duisburg 1 (DE).</b>		

(54) Title: **INTEGRATABLE TEMPERATURE SENSOR CIRCUIT**

(54) Bezeichnung: **INTEGRIERBARE TEMPERATURSENSORSCHALTUNG**



(57) Abstract

An integratable temperature sensor circuit (1; 1') has a first current level circuit (M1, M2; M1', M2') and a second circuit (M3, M4; M3', M4') complementary thereto. To increase the temperature sensitivity of the temperature sensor circuit there are, in a first embodiment, in series with the second circuit (M3, M4), a first and second series circuit, each having a resistor (R1, R2) and a diode (D1, D2). An integratable temperature sensor circuit has a first current level circuit having a first and second FET, a second circuit complementary to the current level circuit having a third and fourth FET and connected with the first current level circuit to a first and second node. To increase the temperature sensitivity of the integratable temperature sensor circuit with a simple circuit structure, a second embodiment has a first resistor (R2') between a node of the second circuit (M3', M4') and a reference potential node (VSS') and an output terminal and a second resistor (R1') connected to a further node of the second complementary circuit (M3', M4') and the reference potential node (VSS'), whereby also the FETs (M1', M2') of the first current level circuit and those (M3', M4') of the second, complementary, circuit are run in their saturation region and the output terminal (VOUT) of the temperature sensor circuit is in actual connection with the first or second node (1', 2').

**(57) Zusammenfassung** Eine integrierbare Temperatursensorschaltung (1; 1') hat eine erste Stromspiegelschaltung (M1, M2; M1', M2') und eine zu dieser komplementäre zweite Schaltung (M3, M4; M3', M4'). Zum Erhöhen der Temperaturempfindlichkeit der Temperatursensorschaltung liegt bei einer ersten Ausführungsform desselben in Reihe zur zweiten Schaltung (M3, M4) eine erste und zweite Reihenschaltung, die jeweils einen Widerstand (R1, R2) und eine Diode (D1, D2) aufweist. Eine integrierbare Temperatursensorschaltung hat eine erste Stromspiegelschaltung, die einen ersten und zweiten FET aufweist, eine zweite, zu der Stromspiegelschaltung komplementäre Schaltung, die einen dritten und einen vierten FET aufweist und mit der ersten Stromspiegelschaltung an einem ersten und zweiten Knoten verbunden ist. Um die Temperaturempfindlichkeit der integrierbaren Temperatursensorschaltung bei einer einfachen Schaltungsstruktur zu erhöhen, hat eine zweite Ausführungsform desselben einen ersten Widerstand (R2') zwischen einem Knoten der zweiten Schaltung (M3', M4') und einem Bezugspotentialknoten (V<sub>SS</sub>') sowie einen Ausgangsanschluß, und einen zweiten Widerstand (R1'), der mit einem weiteren Knoten der zweiten komplementären Schaltung (M3', M4') und dem Bezugspotentialknoten (V<sub>SS</sub>') verbunden ist, wobei ferner die FETs (M1', M2') der ersten Stromspiegelschaltung und die (M3', M4') der zweiten, komplementären Schaltung in ihrem Sättigungsbereich betrieben werden und der Ausgangsanschluß (V<sub>OUT</sub>') der Temperatursensorschaltung mit dem ersten oder dem zweiten Knoten (1', 2') in Wirkverbindung steht.

### BENENNUNGEN VON "DE"

Bis auf weiteres hat jede Benennung von "DE" in einer internationalen Anmeldung, deren internationaler Anmeldetag vor dem 3. Oktober 1990 liegt, Wirkung im Gebiet der Bundesrepublik Deutschland mit Ausnahme des Gebietes der früheren DDR.

### LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Code, die zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	ES	Spanien	MG	Madagaskar
AU	Australien	FI	Finnland	ML	Mali
BB	Barbados	FR	Frankreich	MR	Mauritanien
BE	Belgien	GA	Gabon	MW	Malawi
BF	Burkina Faso	GB	Vereinigtes Königreich	NL	Niederlande
BG	Bulgarien	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BJ	Benin	HU	Ungarn	PL	Polen
BR	Brasilien	IT	Italien	RO	Rumänien
CA	Kanada	JP	Japan	SD	Sudan
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CG	Kongo	KR	Republik Korea	SN	Senegal
CH	Schweiz	LI	Liechtenstein	SU	Sowjet Union
CI	Côte d'Ivoire	LK	Sri Lanka	TD	Tschad
CM	Kamerun	LU	Luxemburg	TG	Togo
DE	Deutschland	MC	Monaco	US	Vereinigte Staaten von Amerika
DK	Dänemark				

## Integrierbare Temperatursensorschaltung

### Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine integrierbare Temperatursensorschaltung mit einer ersten Stromspiegelschaltung und mit einer zweiten, zu der ersten Stromspiegelschaltung komplementären Schaltung, welche mit der ersten Stromspiegelschaltung an einem ersten und zweiten Knoten verbunden ist, gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Ferner betrifft die vorliegende Erfindung eine integrierbare Temperatursensorschaltung mit einer ersten, einen ersten und einen zweiten FET aufweisenden Stromspiegelschaltung und mit einer zweiten, zu der ersten Stromspiegelschaltung komplementären, einen dritten und einen vierten FET aufweisenden Schaltung, welche mit der ersten Stromspiegelschaltung an einem ersten und zweiten Knoten verbunden ist, mit einem ersten Widerstand, der mit einem dritten Knoten der zweiten Schaltung und einem Bezugspotentialknoten verbunden ist, und mit einem Ausgangsanschluß, nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 11.

Eine gattungsgemäße integrierbare Temperatursensorschaltung ist aus der Fachveröffentlichung B.J. Hosticka, J. Fichtel, G. Zimmer, "Integrated monolithic temperature sensors for acquisition and regulation", Sensors and Actuators, Heft 6 (1984), Seiten 191 bis 200 bekannt. Diese bekannte, in CMOS-Technik implementierte Temperatursensorschaltung ist mit dem vierten Knoten der zweiten Schaltung direkt mit dem Bezugspotentialknoten verbunden. Einer der beiden Ausgangsanschlüsse der bekannten integrierbaren Temperatursensorschaltung wird durch den vierten Knoten gebildet, während der andere Ausgangsanschluß der Bezugspotentialknoten ist. Mit

anderen Worten liegt die Ausgangsspannung der bekannten integrierbaren Temperatursensorschaltung über deren einzigen Widerstand an. Die bekannte integrierbare Temperatursensorschaltung wird derart betrieben, daß sich die vier Feldeffekttransistoren in dem schwachen Inversionsbereich befinden. Mit anderen Worten sind die Ströme, die bei der bekannten Temperatursensorschaltung eingesetzt werden, so niedrig, daß die Feldeffekttransistoren in dem linearen Bereich weit unterhalb des Sättigungszustandes betrieben werden. In diesem Betriebszustand ist die Temperaturempfindlichkeit der bekannten Temperatursensorschaltung auf einen Wert begrenzt, der dem Produkt aus der Temperaturspannung und dem natürlichen Logarithmus der Kanalbreiten-Kanallängen-Quotienten der verwendeten Feldeffekttransistoren entspricht. Die somit bei der bekannten Temperatursensorschaltung erzielbaren Empfindlichkeiten in der Größenordnung von nur etwa  $0,2 \text{ mV/}^{\circ}\text{C}$  sind für viele Anwendungsfälle zu gering.

Aus dieser Fachveröffentlichung ist eine weitere, integrierbare Temperatursensorschaltung bekannt, die aus einer Stromspiegelschaltung und zwei in den Stromwegen dieser Stromspiegelschaltung geschalteten Dioden besteht. Die Differenz der über die Dioden abfallenden Spannungen bildet die Ausgangsspannung, deren Wert die Temperaturspannung multipliziert mit dem natürlichen Logarithmus des Stromspiegelverhältnisses und des Diodenflächenquotienten ist. Auch diese bekannte Temperatursensorschaltung hat somit eine niedrige Empfindlichkeit.

Andererseits sind bereits verschiedene bipolare Temperatursensorschaltungen bekannt, deren Empfindlichkeit in der Größenordnung von  $-2,5 \text{ mV/}^{\circ}\text{C}$  liegt. Ein Beispiel einer derartigen bipolaren Temperatursensorschaltung ist aus der Fachveröffentlichung E. Habekotte, "Silicon temperature sensors", Bulletin ASE/UCS 76, Nummer 5, 1985, Seiten 272 bis 276 bekannt. Aufgrund ihrer niedrigen Ausgangsspannung sowie aufgrund des nichtlinearen Verhaltens der Ausgangsspannung von der Temperatur erfordert die bekannte Tempera-

tursensorschaltung Spannungsanpassungsschaltungen und Kompensationsschaltungen.

Die oben beschriebenen Temperatursensorschaltungen haben ein Spannungsausgangssignal.

Aus dem Stand der Technik sind ferner Temperatursensorschaltungen mit Stromausgangssignal bekannt. Eine derartige Temperatursensorschaltung ist in der Fachveröffentlichung M. P. Timko, "A two-terminal IC temperature transducer", IEEE Journal of Solid-State Circuits SC-11, Nummer 6, Dez. 1976, Seiten 784 bis 788 offenbart. Dieser bekannte Temperatursensor hat einen Ausgangsstrom mit einer niedrigen Temperaturempfindlichkeit von lediglich etwa 1 Mikroampere/°C. Da üblicherweise zur Weiterverarbeitung eines Stromausgangssignales dessen Umsetzung in ein Spannungssignal erforderlich ist, werden bei dieser bekannten Temperatursensorschaltung extern an die integrierte Struktur der Temperatursensorschaltung anzuschließende, äußerst temperaturstabile Widerstände benötigt.

Gegenüber diesem Stand der Technik liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, eine integrierbare Temperatursensorschaltung der eingangs genannten Art so weiterzubilden, daß deren Empfindlichkeit weiter erhöht wird und daß sie auf einer noch geringeren Fläche integrierbar ist.

Diese Aufgabe wird gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung bei einer integrierbaren Temperatursensorschaltung mit einer ersten Stromspiegelschaltung und mit einer zweiten, zu der ersten Stromspiegelschaltung komplementären Schaltung, welche mit der ersten Stromspiegelschaltung an einem ersten und zweiten Knoten verbunden ist, dadurch gelöst, daß die zweite Schaltung an einem dritten Knoten mit einer ersten Reihenschaltung, die einen ersten Widerstand und eine erste Diode aufweist, und an einem vierten Knoten mit einer zweiten Reihenschaltung, die einen zweiten Widerstand und eine zweite Diode aufweist, verbunden ist.

Ferner wird diese Aufgabe gemäß einem zweiten Aspekt der Erfindung bei einer integrierbaren Temperatursensorschaltung mit einer ersten, einen ersten und einen zweiten FET aufweisenden Stromspiegelschaltung, mit einer zweiten, zu der ersten Stromspiegelschaltung komplementären, einen dritten und einen vierten FET aufweisenden Schaltung, welche mit der ersten Stromspiegelschaltung an einem ersten und zweiten Knoten verbunden ist, und einen dritten und vierten Knoten aufweist, mit einem ersten Widerstand, der mit einem vierten Knoten der zweiten Schaltung und einem Bezugspotentialknoten verbunden ist, und mit einem Ausgangsanschluß, dadurch gelöst, daß ein zweiter Widerstand vorgesehen ist, der mit einem dritten Knoten und dem Bezugspotentialknoten verbunden ist, daß die FETs in ihrem Sättigungsbereich betrieben werden, und daß der Ausgangsanschluß mit dem ersten Knoten oder mit dem zweiten Knoten verbunden ist.

Bei der Temperatursensorschaltung nach dem ersten Aspekt der Erfindung arbeitet die erste Stromspiegelschaltung als Stromquellenpaar, das eingeprägte Ströme mit einem bestimmten Stromverhältnis liefert, welche über die zweite, zu der ersten Stromspiegelschaltung komplementäre Schaltung, die in erster Näherung als zweite Stromspiegelschaltung arbeitet, soweit die Potentiale am dritten und vierten Knoten übereinstimmen, und den ersten bzw. zweiten Widerstand an die erste bzw. zweite Diode geleitet werden. An diesen Dioden entsteht ein temperaturabhängiger Spannungsabfall, der neben der Temperatur auch von der Größe des eingepprägten Stromes und der Diodenfläche abhängt. Wenn beispielsweise Dioden gleicher Fläche mit geringfügig unterschiedlichen eingepprägten Strömen innerhalb der erfindungsgemäßen Temperatursensorschaltung betrieben werden, so ergeben sich über die beiden Dioden voneinander abweichende temperaturabhängige Spannungsabfälle, wobei die Differenzspannung proportional zur Temperatur ist. Durch diese Differenzspannung wird die komplementäre, zweite Schaltung aus dem Gleichgewicht gebracht. Dies führt dazu, daß sich die Spannungsdifferenz des temperatur-

abhängigen Spannungsabfalles über die Widerstände, die zusammen mit den Dioden die Reihenschaltung bilden, verstärkt, wobei das Verstärkungsverhältnis vom Quotienten des ersten und zweiten Widerstandes abhängt. Wie in der Beschreibung noch im einzelnen erläutert wird, sind sämtliche der in die Ausgangsspannung der Schaltung eingehenden Größen Verhältnisse, wie beispielsweise Stromverhältnisse, Widerstandsverhältnisse und Flächenverhältnisse, die technologisch sehr gut reproduzierbar sind, so daß der Temperatursensor hochgenau arbeitet. Die Temperatursensorschaltung kann mit gepaarten Bauelementen implementiert werden, so daß jeweils beide gepaarten Elemente in gleicher Weise betreffende Herstellungsabweichungen nicht zu Fehlern in der Meßspannung führen. Die erfindungsgemäße integrierbare Temperatursensorschaltung arbeitet mit einer Empfindlichkeit, die um ein Vielfaches oberhalb der Empfindlichkeit der bekannten Temperatursensorschaltungen liegt.

Im Gegensatz zu der aus der eingangs genannten Fachveröffentlichung bekannten gattungsgemäßen Temperatursensorschaltung arbeitet die Temperatursensorschaltung gemäß dem zweiten Aspekt der Erfindung im Sättigungsbereich der FETs, wobei der von den eingepprägten temperaturabhängigen Strömen verursachte Spannungsabfall über die Widerstände zu einem von der Größe der eingepprägten Ströme und der Größe der Widerstände abhängigen Spannungsdifferenzwert zwischen dem dritten und vierten Knoten führt, der die in Mitkopplung arbeitende zweite Schaltung zu einem Verschieben der Spannungsarbeitspunkte an dem ersten und zweiten Knoten veranlaßt. In einem später in der Spezialbeschreibung näher erläuterten Ausführungsbeispiel dieser erfindungsgemäßen Temperatursensorschaltung wurde bei der dort angegebenen Dimensionierung innerhalb eines Temperaturbereiches von 0 °C bis 100 °C eine Temperaturempfindlichkeit von -7,0 mV/°C gemessen. Damit liegt die Temperaturempfindlichkeit dieser Schaltung um ungefähr den Faktor 17 oberhalb der Temperaturempfindlichkeit der Temperatursensorschaltungen nach dem Stand der Technik. Die erfindungsgemäße Temperatursensorschaltung

kann als integrierte Schaltung ausgeführt werden, wobei durch externe Parallelschaltung von Widerständen die Temperaturempfindlichkeit der Schaltung direkt verändert werden kann, ohne daß an der integrierten Schaltung etwas abgeändert werden muß. Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen Temperatursensorschaltung liegt in ihrem niedrigen Flächenbedarf, da sie bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel auf einer Fläche von lediglich 0,3 Quadratmillimeter implementierbar ist, sowie in ihrer niedrigen Leistungsaufnahme, wobei dieser Wert bei einem bevorzugten Ausführungsbeispiel bei maximal 2 mW liegt.

Wie in den Ansprüchen 2 und 3 dargelegt wird, kann die erfindungsgemäße Temperatursensorschaltung eine Spannungsverstärkerschaltung aus einem dritten Widerstand und einem fünften Transistor umfassen. Vorzugsweise ist dieser mit einem Transistor der ersten Stromspiegelschaltung als dritte Stromspiegelschaltung geschaltet, so daß die Empfindlichkeit der erfindungsgemäßen Temperatursensorschaltung durch geeignete Wahl des Quotienten des ersten und dritten Widerstandes oder des Quotienten der Kanalbreiten-Kanallängen-Verhältnisse des fünften und des zweiten FET festgelegt werden kann.

Vorzugsweise sind gemäß den Ansprüchen 4 und 5 die Transistoren der ersten Stromspiegelschaltung sowie der fünfte Transistor Feldeffekttransistoren eines ersten Leitfähigkeitstypes, wobei die Gates dieser Transistoren mit einem ersten Knoten verbunden sind, und die Transistoren der zweiten Stromspiegelschaltung Feldeffekttransistoren eines zweiten Leitfähigkeitstypes, deren Gates mit dem zweiten Knoten verbunden sind. Durch diese Ausgestaltung der Stromspiegelschaltungen ist es möglich, die jeweils zusammengehörigen Transistoren der ersten, zweiten und dritten Schaltung mit übereinstimmenden Paarungseigenschaften herzustellen. Ferner kann die angegebene Struktur bei niedrigem Flächenbedarf und geringer Leistungsaufnahme implementiert werden.



Vorzugsweise umfaßt die erfindungsgemäße Temperatursensorschaltung die in Anspruch 6 definierte Arbeitspunkteinstellschaltung. Da es sich bei der ersten Stromspiegelschaltung und zweiten Schaltung um mitgekoppelte Schaltungen handelt, kann es zu einem Herauslaufen des Arbeitspunktes dieser Schaltungen kommen, soweit man den Arbeitspunkt nicht in einem Bereich festlegt, in dem sich dieser eigenständig stabilisiert. Hierzu dient die Arbeitspunkteinstellschaltung, die die Temperatursensorschaltung dazu zwingt, den gewünschten Arbeitspunkt einzunehmen.

Durch die in Anspruch 7 festgelegte Schaltungsdimensionierung wird die Temperaturabhängigkeit des ausgangsseitigen Spannungssignales der erfindungsgemäßen Schaltung gewährleistet.

Die in Anspruch 8 angegebene Dimensionierung gewährleistet eine gute Temperaturempfindlichkeit in dem in der Praxis bevorzugten Fall, bei dem von Dioden gleicher Flächen Gebrauch gemacht wird.

Durch die in Anspruch 9 festgelegte Dimensionierung der Kanallängen und Kanalbreiten des ersten bis vierten FETs wird erreicht, daß die Ausgangsspannung des erfindungsgemäßen Temperatursensors proportional zur gemessenen Temperatur ist, so daß die Ausgangsspannung keine temperaturunabhängigen additiven Terme aufweist.

Wie in Anspruch 10 ausgeführt ist, umfaßt die zweite Schaltung vorzugsweise einen dritten und vierten Transistor, deren Steuerelektroden entweder beide mit dem ersten oder beide mit dem zweiten Knoten in Wirkverbindung stehen. Die Transistoren sind derart angeordnet, daß die Eingangsspannung dieser Transistoren zwischen dem ersten bzw. zweiten Knoten und dem dritten Knoten einerseits sowie dem vierten Knoten andererseits anliegen.

Vorzugsweise sind gemäß Anspruch 12 der erste und zweite FET als Transistoren eines ersten Leitfähigkeitstypes ausgebildet, deren Gates mit dem ersten Knoten verbunden sind, wobei der dritte und vierte FET einen zweiten Leitfähigkeitstyp haben und mit ihren Gates mit dem zweiten Knoten verbunden sind. Durch diese Ausgestaltung der Stromspiegelschaltung und der komplementären Schaltung ist es möglich, die jeweils zusammengehörigen Transistoren mit übereinstimmenden Paarungseigenschaften herzustellen. Ferner ermöglicht diese Struktur einen niedrigen Flächenbedarf bei geringer Leistungsaufnahme.

Nach einem weiteren vorteilhaften Gesichtspunkt der Erfindung, der in Anspruch 13 definiert ist, ist eine mit dem zweiten Knoten verbundene Arbeitspunkteinstellschaltung vorgesehen, die einen Spannungsteiler und eine zwischen dem Teilerknoten desselben und dem zweiten Knoten geschaltete Diode oder einen derart geschalteten Transistor, daß dieser nur in einer Richtung leitet, aufweist. Da es sich bei der die erste Stromspiegelschaltung und die zweite, komplementäre Schaltung umfassenden Schaltungsstruktur um eine mitgekoppelte Schaltung handelt, kann es zu einem Herauslaufen der Arbeitspunkte dieser Schaltung kommen, soweit den Arbeitspunkt dieser Schaltungen nicht in einem Bereich festlegt, in dem sich dieser eigenständig stabilisiert. Hierzu dient die genannte Arbeitspunkteinstellschaltung.

Durch die in Anspruch 14 festgelegte Dimensionierung wird sichergestellt, daß ein temperaturabhängiger Term im Spannungsausgangssignal gewährleistet ist.

Durch die in Anspruch 15 definierte Festlegung der Ströme werden unerwünschte Fehlerterme im Ausgangssignal minimiert.

Wie in Anspruch 16 ausgeführt ist, sind bei der erfindungsgemäßen Temperatursensorschaltung der dritte und der vierte FET mit ihren Gates beide an dem ersten oder beide an dem zweiten Knoten wirkungsmäßig angekoppelt, wobei die Gate-

Source-Spannung dieser FETs zwischen dem ersten bzw. zweiten Knoten und dem dritten Knoten einerseits sowie dem vierten Knoten andererseits anliegen, so daß bei einfacher Schaltungsstruktur die gewünschte hohe Temperaturempfindlichkeit herbeigeführt wird.

Nachfolgend werden unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung bevorzugte Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Temperatursensorschaltung näher erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 eine erste Ausführungsform der erfindungsgemäßen Temperatursensorschaltung, und

Fig. 2 eine zweite Ausführungsform der erfindungsgemäßen Temperatursensorschaltung

Wie in Fig. 1 gezeigt ist, umfaßt die erste Ausführungsform der erfindungsgemäßen integrierbaren Temperatursensorschaltung, die in ihrer Gesamtheit mit dem Bezugszeichen 1 bezeichnet ist, einen ersten und einen zweiten PMOS-FET M1, M2, die jeweils Source-seitig mit einem positiven Versorgungspotential  $V_{DD}$  verbunden sind. Gateseitig stehen diese FETs M1, M2 mit einem ersten Knoten 1 in Verbindung, an den der zweite FET gleichfalls Drain-seitig angeschlossen ist. Der erste FET steht Drain-seitig mit einem zweiten Knoten 2 in Verbindung. Der erste und zweite FET M1, M2 bilden zusammen einen PMOSStromspiegel mit einem Stromteilverhältnis, das durch das Verhältnis der Kanalweiten-Kanallängen-Quotienten  $W_1L_2/W_2L_1$  des ersten und zweiten Transistors M1, M2 definiert ist. Dieses Stromverhältnis  $n$ , das das Verhältnis des ersten Stromes  $I_1$  zum zweiten Strom  $I_2$  angibt, beträgt bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel 1,05.

Ein dritter und vierter NMOS-FET M3, M4 sind als komplementäre NMOS-Schaltung geschaltet, wobei die Gates dieser FETs mit dem zweiten Knoten verbunden sind, während diese FETs M3, M4 Source-seitig mit dem dritten bzw. vierten Knoten in Verbindung stehen, so daß die Eingangssteuerspannung für

diese FETs durch die Gate-Source-Spannung zwischen dem zweiten und dritten bzw. zweiten und vierten Knoten der Schaltung gebildet werden. In erster Näherung entspricht das Potential am dritten Knoten 3 demjenigen am vierten Knoten 4, so daß die zweite Schaltung ebenfalls als Stromspiegelschaltung betrachtet werden kann. Die Gates dieser Transistoren M3, M4 sind ebenso wie das Drain des dritten FET M3 mit dem zweiten Knoten verbunden, während das Drain des vierten FET M4 mit dem ersten Knoten verbunden ist. Source-seitig liegen der dritte und vierte FET M3, M4 an einem dritten bzw. vierten Knoten 3, 4. Zwischen dem dritten Knoten 3 und einer Masseklemme 0, an der ein negatives Versorgungspotential  $V_{SS}$  anliegt, liegt eine Reihenschaltung aus einem ersten Widerstand R1 und einer in Durchlaßrichtung angeordneten ersten Diode D1, deren Verbindungspunkt als fünfter Knoten 5 bezeichnet ist.

Zwischen dem vierten Knoten 4 und der Masseklemme 0 liegt die Reihenschaltung eines zweiten Widerstandes R2 und einer zweiten, in Durchlaßrichtung geschalteten Diode D2, deren Verbindungspunkt als sechster Knoten 6 bezeichnet ist. Zwischen einer Versorgungspotentialklemme 10 und der Massepotentialklemme 0 liegt die Reihenschaltung aus einem fünften PMOS-FET M5 und einem dritten Widerstand R3, wobei der Verbindungspunkt dieser Bauelemente eine Ausgangsklemme 7 bildet, an der eine Ausgangsspannung  $V_{OUT}$  erzeugt wird.

Der fünfte FET M5 bildet mit dem zweiten FET M2 einen Stromspiegel, dessen Stromverhältnis a dem Quotienten aus dem fünften Strom  $I_5$  zu dem zweiten Strom  $I_2$  entspricht. Auch dieses Stromverhältnis ist definiert durch das Verhältnis der Kanalbreite zur Kanallänge des fünften FET bezogen auf die Kanalbreite zu der Kanallänge des zweiten FET.

Ferner umfaßt die Temperatursensorschaltung 1 eine Arbeitspunkteinstellschaltung, die aus dem sechsten bis neunten Transistor M6 - M9 gebildet ist. Die Arbeitspunkteinstellschaltung umfaßt einen Spannungsteiler M6 - M8, der durch

den sechsten und siebten PMOS-FET M6, M7 und den achten NMOS-FET gebildet wird, welche in Reihe und jeweils als Widerstände geschaltet sind. Der achte Knoten 8 zwischen dem siebten FET M7 und dem achten FET M8 ist mit dem Drain-Anschluß eines als Diode verschalteten neunten NMOS-FET verbunden, dessen Source mit dem zweiten Knoten verbunden ist. Wie für den Fachmann offensichtlich ist, arbeitet der neunte FET M9 als Diode, die leitet, wenn das Potential am achten Knoten 8 höher als dasjenige am zweiten Knoten 2 ist.

Die Arbeitspunkteinstellschaltung M6 - M9 ist nur dann aktiv, wenn das Potential am zweiten Knoten unterhalb eines zulässigen Arbeitspunktbereiches liegt, wobei in diesem Fall durch leitenschalten der durch den neunten FET M9 gebildeten Diode der Arbeitspunkt in einen Bereich gezwungen wird, in dem die eigentliche Temperatursensorschaltung M1 - M4 sich auf ihren Arbeitspunkt selbsttätig stabilisiert.

Bei der bevorzugten Ausführungsform betragen die Widerstandswerte der Widerstände R1 - R3 jeweils in Kiloohm:

$$R1 = 1,0;$$

$$R2 = 3,0;$$

$$R3 = 50,0.$$

Die Diodenflächen A1, A2 der beiden Dioden D1, D2 sind gleich groß gewählt und betragen jeweils  $128 \mu\text{m}^2$ .

Die Kanalbreiten/Kanallängen-Verhältnisse  $W/L$  der Transistoren M1 - M9 betragen jeweils in  $\mu\text{m}$ :

$$M1: 21/20; \quad M2: 20/20; \quad M3: 20/20; \quad M4: 20/20;$$

$$M5: 100/20, \quad M6: 5/20; \quad M7: 5/40; \quad M8: 5/40; \text{ und}$$

$$M9: 5/40.$$

Nachfolgend wird die Ausgangsspannung  $V_{\text{OUT}}$  bzw.  $V_7$  der erfindungsgemäßen Schaltung abgeleitet. Bei dieser Ableitung wird von gleichen FET-Kanallängen ausgegangen.

Die Gleichung für den im Sättigungsbereich arbeitenden ersten FET M1 lautet:

$$1.) \quad I_1 = \frac{1}{2} B_p \cdot \frac{W_1}{L} (V_1 - V_{DD} - V_p)^2 ;$$

Die Gleichung für den im Sättigungsbereich arbeitenden dritten Transistor lautet:

$$2.) \quad I_1 = \frac{1}{2} B_N \cdot \frac{W_3}{L} (V_2 - V_3 - V_N)^2 ;$$

Für den ersten Widerstand R1 gilt:

$$3.) \quad I_1 = \frac{V_3 - V_5}{R_1} ;$$

Für die erste Diode D1 gilt folgende Diodengleichung:

$$4.) \quad I_1 = A_1 \cdot I_s \cdot \exp \left( \frac{V_5}{U_T} \right) ; \quad V_5 = U_T \cdot \ln \frac{I_1}{A_1 I_s}$$

Entsprechende Gleichungen gelten für den rechten Zweig der erfindungsgemäßen Temperatursensorschaltung:

$$5.) \quad I_2 = \frac{1}{2} B_p \cdot \frac{W_2}{L} (V_1 - V_{DD} - V_p)^2 ;$$

$$6.) \quad I_2 = \frac{1}{2} B_N \cdot \frac{W_K}{L} (V_2 - V_{s2} - V_N)^2 ;$$

$$7.) I_2 = \frac{V_4 - V_6}{R_2}$$

$$8.) I_2 = A_2 \cdot I_s \cdot \exp\left(\frac{V_6}{U_T}\right); \quad V_6 = U_T \cdot \ln \cdot \frac{I_2}{A_2 \cdot I_s}$$

Für den fünften Transistor M5 und den dritten Widerstand R3 gelten entsprechend folgende Gleichungen:

$$9.) I_5 = \frac{1}{2} B_p \cdot \frac{W_5}{L_5} \cdot (V_1 - V_{S2} - V_p)^2;$$

$$10.) I_5 = \frac{V_7}{R_3};$$

$$11.) V_7 = \frac{1}{2} B_p \cdot R_3 \cdot \frac{W_5}{L_5} (V_1 - V_{D0} - V_p)^2 = R_3 \cdot I_5;$$

Für die Stromverhältnisse  $n$ ,  $a$ , das Diodenflächenverhältnis  $m$ , die Widerstandsverhältnisse  $p$ ,  $q$  und die Konstante  $k/q$  gilt:

$$12.) I_1 = n \cdot I_2; \quad I_5 = a \cdot I_2; \quad A_2 = m \cdot A_1$$

$$R_3 = p \cdot R_1; \quad R_2 = q \cdot R_1; \quad \frac{k}{q} = 8,61 \cdot 10^{-5} \frac{V}{K};$$

Aus den Gleichungen 1) und 2) folgt:

$$13.) V_3 = V_2 - V_N + \frac{V_1 - V_{DD} - V_P}{\sqrt{\frac{B_N W_3}{B_P W_1}}} ;$$

Aus den Gleichungen 5) und 6) folgt:

$$14.) V_4 = V_2 - V_N + \frac{V_1 - V_{DD} - V_P}{\sqrt{\frac{B_N W_4}{B_P W_2}}} ;$$

Aus den Gleichungen 3) und 7) folgt:

$$15.) -R_1 I_1 + R_2 I_2 = V_4 - V_3 + V_5 - V_6 ;$$

Aus den Gleichungen 4) und 8) folgt:

$$16.) A_1 \cdot I_s \cdot \exp\left(\frac{V_5}{U_T}\right) = n \cdot m \cdot A_1 \cdot I_s \cdot \exp\left(\frac{V_6}{U_T}\right) ;$$

$$17.) V_5 - V_6 = U_T \cdot \ln(n \cdot m) ;$$

Aus der Gleichung 10) folgt:

$$18.) V_7 = R_3 \cdot I_5 = p \cdot \frac{a}{n} \cdot R_1 \cdot I_1 ;$$

$$19.) R_2 I_2 - R_1 I_1 = q \cdot R_1 \cdot \frac{I_1}{n} - R_1 \cdot I_1 = p \cdot \frac{a}{n} \cdot R_1 \cdot I_1 \frac{q - n}{p \cdot 1} ;$$

Hieraus folgt für das Potential  $V_7$  am siebten Knoten 7, das



dem Ausgangspotential  $V_{OUT}$  entspricht:

$$20.) V_7 = \frac{p \cdot a}{q - n} (V_4 - V_3 + V_5 - V_6) ;$$

$$21.) V_7 = \frac{p \cdot a}{q - n} \left[ U_T \cdot \ln(n \cdot m) + \frac{V_1 - V_{DD} - V_P}{\sqrt{\frac{B_N}{B_P}}} \left( \sqrt{\frac{W_2}{W_4}} - \sqrt{\frac{W_1}{W_3}} \right) \right]$$

Aus Gleichung 21 erkennt man, daß das Produkt des Stromverhältnisses  $n$  der ersten Stromspiegelschaltung  $M1$ ,  $M2$  und des Quotienten  $m$  der zweiten Diodenfläche  $A_2$  zu der ersten Diodenfläche  $A_1$  ungleich 1 sein muß. Bei der bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wurde dieses auf 1,05 festgelegt. Wie aus der Gleichung 21 für den Fachmann offensichtlich ist, ist die Temperaturempfindlichkeit der erfindungsgemäßen Schaltung sowohl hinsichtlich Größe als auch hinsichtlich Vorzeichen frei wählbar.

In der Gleichung 21, die von gleichen Kanallängen  $L1 - L4$  des ersten bis vierten Transistors  $M1 - M4$  ausgeht, erkennt man, daß der additive Störungsterm auf der rechten Seite der Gleichung herausfällt, wenn der Quotient der Kanalbreiten des zweiten und vierten Transistors demjenigen der Kanalbreiten des ersten und dritten Transistors gleicht. Dieses Erfordernis ist bei der oben angegebenen Dimensionierung weitgehend erfüllt.

Bei einer in Übereinstimmung mit der oben beschriebenen Schaltung ausgeführten realisierten Schaltung wurde in einem Temperaturbereich von  $-25^\circ\text{C}$  bis  $100^\circ\text{C}$  eine Empfindlichkeit von  $9,5 \text{ mV}/^\circ\text{C}$  gemessen. Diese Schaltungsempfindlichkeit entspricht einer Empfindlichkeitsverbesserung gegenüber dem eingangs gewürdigten Stand der Technik um den Faktor 23. Es ist offensichtlich, daß die Empfindlichkeit weiter erhöht

werden kann, wenn dies erwünscht ist, indem ein höherer Wert des dritten Widerstandes  $R_3$  gewählt wird, falls dies für den Fall erforderlich sein sollte, daß mit der erfindungsgemäßen Temperatursensorschaltung nur innerhalb kleiner Temperaturbereiche gemessen werden soll.

Bei der bevorzugten Ausführungsform ist die Schaltung auf einer Fläche von  $0.7 \text{ mm}^2$  implementiert und zeigt eine Leistungsaufnahme von maximal 8 mW.

Falls dies erwünscht ist, kann bei der erfindungsgemäßen Schaltung die Temperaturempfindlichkeit durch Parallelschaltung von Widerständen an den Klemmen 0,7 eingestellt werden, ohne daß es hierzu eines Eingriffes in die integrierte Schaltung bedarf.

In Abweichung von dem soeben beschriebenen Ausführungsbeispiel kann die Arbeitspunkteinstellschaltung anstelle des sechsten bis achten Feldeffekttransistors zwei in Reihe zwischen dem positiven Versorgungsspannungspotential  $V_{DD}$  und dem negativen Versorgungsspannungspotential  $V_{SS}$  geschaltete Widerstände haben, an deren gemeinsamen achten Knoten die Anode einer Diode angeschlossen sein kann, die den neunten Feldeffekttransistor  $M_9$  ersetzt.

Gleichfalls können die Stromspiegelschaltungen, die durch den ersten und zweiten, den dritten und vierten bzw. den ersten und fünften Transistor gebildet werden, in Bipolar-technik realisiert sein.

Ferner ist es möglich, die Schaltung mit einem Stromverhältnis  $n$  von 1 zu betreiben, sofern sich in diesem Fall die Flächen der beiden Dioden voneinander unterscheiden.

Wie in Fig. 2 gezeigt ist, umfaßt die zweite Ausführungsform der erfindungsgemäßen integrierbaren Temperatursensorschaltung, die in ihrer Gesamtheit mit dem Bezugszeichen 1' bezeichnet ist, einen ersten und einen zweiten PMOS-FET  $M1'$ ,

M2', die jeweils Source-seitig mit einem positiven Versorgungspotential  $V_{DD}'$  verbunden sind. Gate-seitig stehen diese FETs M1', M2' mit einem ersten Knoten 1' in Verbindung, an den der zweite FET gleichfalls Drain-seitig angeschlossen ist. Der erste FET steht Drain-seitig mit einem zweiten Knoten 2' in Verbindung. Der erste und zweite FET M1', M2' bilden zusammen einen PMOSStromspiegel mit einem Stromteilverhältnis, das durch das Verhältnis der Kanalweiten-Kanal-längen-Quotienten  $W1L2/W2L1$  des ersten und zweiten Transistors M1', M2' definiert ist. Dieses Stromverhältnis  $n'$ , das das Verhältnis des ersten Stromes  $I_1'$  zum zweiten Strom  $I_2'$  angibt, beträgt bei dem gezeigten Ausführungsbeispiel 1,05.

Ein dritter und vierter NMOS-FET M3', M4' sind als komplementäre NMOS-Schaltung geschaltet, wobei die Gates dieser FETs mit dem zweiten Knoten 2' verbunden sind, während diese FETs M3', M4' Source-seitig mit dem dritten bzw. vierten Knoten 3', 4' in Verbindung stehen, so daß die Eingangsteuerspannung für diese FETs durch die Gate-Source-Spannung zwischen dem zweiten und dritten bzw. zweiten und vierten Knoten der Schaltung gebildet werden.

Die Gates dieser Transistoren M3', M4' sind ebenso wie das Drain des dritten FET M3' mit dem zweiten Knoten verbunden, während das Drain des vierten FET M4' mit dem ersten Knoten verbunden ist. Source-seitig liegen der dritte und vierte FET M3', M4' an einem dritten bzw. vierten Knoten 3', 4'. Zwischen dem dritten Knoten 3' und einer Masseklemme 7', an der ein negatives Versorgungspotential  $V_{SS}'$  anliegt, liegt ein erster Widerstand R1'.

Zwischen dem vierten Knoten 4' und der Masseklemme 7' liegt ein zweiter Widerstand R2'. Mit dem ersten Knoten 1' ist eine Ausgangsklemme 5' verbunden, an der ein Ausgangspotential  $V_{OUT}'$  erzeugt wird, das gegenüber dem negativen Versorgungspotential  $V_{SS}'$  eine Ausgangsspannung festlegt.

Ferner umfaßt die Temperatursensorschaltung 1' eine Arbeits-

punkteinstellschaltung, die aus dem fünften bis achten Transistor M5' - M8' gebildet ist. Die Arbeitspunkteinstellschaltung umfaßt einen Spannungsteiler M5' - M7', der durch den fünften und sechsten PMOS-FET M5', M6' und den siebten NMOS-FET M7' gebildet wird, welche in Reihe und jeweils als Widerstände geschaltet sind. Der sechste Knoten 6' zwischen dem sechsten FET M6' und dem siebten FET M7' ist mit dem DrainAnschluß eines achten NMOS-FET verbunden, dessen Source mit dem zweiten Knoten verbunden ist. Wie für den Fachmann offensichtlich ist, arbeitet der achte FET M8' als halbleitendes Element, das leitet, wenn das Potential am sechsten Knoten 6' höher als dasjenige am zweiten Knoten 2' ist.

Die Arbeitspunkteinstellschaltung M5' - M8' ist nur dann aktiv, wenn das Potential am zweiten Knoten unterhalb eines zulässigen Arbeitspunktbereiches liegt, wobei in diesem Fall durch Leitenschalten des achten FET M8' der Arbeitspunkt in

einen Bereich gezwungen wird, in dem die eigentliche Temperatursensorschaltung M1' - M4' sich auf ihren Arbeitspunkt selbsttätig stabilisiert.

Bei der zweiten bevorzugten Ausführungsform betragen die Widerstandswerte der Widerstände R1', R2' jeweils in Kiloohm:

$$R1' = 1,0;$$

$$R2' = 3,0.$$

Die Kanalbreiten/Kanallängen-Verhältnisse  $W/L$  der Transistoren M1' - M8' betragen jeweils in Mikrometer:

$$\begin{array}{llll} M1': 21/20; & M2': 20/20; & M3': 20/20; & M4': 20/20; \\ M5': 5/20; & M6': 5/40; & M7': 5/40; & \text{und } M8': 5/40. \end{array}$$

Wie eingangs bereits erwähnt wurde, werden sämtliche FETs M1', M2', M3', M4' der eigentlichen Temperatursensorschaltung in ihrem Sättigungsbereich betrieben.

Wie aus der oben angegebenen Kanalbreiten-Kanallängen-Dimensionierung für die FETs M1' - M4' zu erkennen ist, ist dies derart gewählt, daß der Quotient  $W2L4/L2W4$  des Verhältnisses der Kanalbreite zu der Kanallänge des zweiten FET M2' zu demjenigen des vierten FET M4' abweicht von dem Quotienten  $W1L3/L1W3$  dieses Verhältnisses des ersten FET M1' zu demjenigen des dritten FET M3'. Die Kanalbreiten-Kanallängen-Verhältnisse des ersten und zweiten FET M1', M2', die die erste Stromspiegelschaltung bilden, sind so gewählt, daß die zu dem ersten und zweiten Knoten 1', 2' fließenden Ströme im wesentlichen miteinander übereinstimmen. Die bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel vorgesehene geringfügige Abweichung ergibt sich aus der Forderung der ungleichen Quotienten der Verhältnisse der Kanalbreite zur Kanallänge des zweiten zu dem vierten bzw. des ersten zu dem dritten FET. Es ist jedoch auch denkbar, die beiden Ströme durch symmetrische Ausgestaltung der ersten Stromspiegelschaltung einander gleich zu machen, wobei durch entsprechende Abänderung der Kanalbreiten-Kanallängen-Verhältnisse des dritten und vierten FET die oben genannte Ungleichheit der Quotienten erzielt wird.

Bei der bevorzugten Ausführungsform ergibt sich ein Flächenbedarf von 0,3 Quadratmillimeter für die integrierte Schaltung, eine Leistungsaufnahme derselben von maximal 2 mW und eine Temperaturempfindlichkeit im Temperaturbereich zwischen 0 °C und 100 °C von -7,0 mV/s°C.

In Abweichung von der gezeigten Schaltungsstruktur kann die Arbeitspunkteinstellschaltung anstelle des fünften bis siebten Feldeffekttransistors zwei in Reihe zwischen dem positiven Versorgungspotential  $V_{DD}$  und der siebten Klemme geschaltete Widerstände aufweisen, an deren gemeinsamen sechsten Knoten die Anode einer Diode angeschlossen sein kann, die den achten Feldeffekttransistor M8' ersetzt.

Ferner können ausgangsseitig außerhalb der integrierten

Schaltungsstruktur Widerstände an die fünfte und siebte Klemme 5', 7' angeschlossen sein, um die Temperaturempfindlichkeit der durch die integrierte Schaltung gebildeten Temperatursensorschaltung einem gewünschten Anwendungsfall anzupassen.

Patentansprüche

## 1. Integrierbare Temperatursensorschaltung

- mit einer ersten Stromspiegelschaltung (M1, M2) und
- mit einer zweiten, zu der ersten Stromspiegelschaltung (M1, M2) komplementären Schaltung (M3, M4), welche mit der ersten Stromspiegelschaltung an einem ersten und zweiten Knoten (1, 2) verbunden ist,

dadurch gekennzeichnet,

- daß die zweite Schaltung (M3, M4) an einem dritten Knoten (3) mit einer ersten Reihenschaltung, die einen ersten Widerstand (R1) und eine erste Diode (D1) aufweist, und an einem vierten Knoten (4) mit einer zweiten Reihenschaltung, die einen zweiten Widerstand (R2) und eine zweite Diode (D2) aufweist, verbunden ist.

## 2. Integrierbare Temperatursensorschaltung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch

- eine an ihrem Eingang mit dem ersten Knoten (1) verbundene Spannungsverstärkerschaltung (M5, R3).

## 3. Integrierbare Temperatursensorschaltung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet,

- daß die Spannungsverstärkerschaltung aus einer drit-

ten Reihenschaltung besteht, die einen dritten Widerstand (R3) und einen fünften Transistor (M5) umfaßt, und

- daß der fünfte Transistor (M5) mit einem der Transistoren der ersten Stromspiegelschaltung (M1, M2) als dritte Stromspiegelschaltung (M2, M5) geschaltet ist.

4. Integrierbare Temperatursensorschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet,

- daß die erste Stromspiegelschaltung aus einem ersten und einem zweiten FET (M1, M2) eines ersten Leitfähigkeitstypes besteht, deren Gates mit dem ersten Knoten (1) verbunden sind, und
- daß die zweite Schaltung aus einem dritten und einem vierten FET (M3, M4) eines zweiten Leitfähigkeitstypes besteht, deren Gates mit dem zweiten Knoten (2) verbunden sind.

5. Integrierte Temperatursensorschaltung nach Anspruch 4 in Rückbeziehung auf Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet,

- daß der fünfte FET (M5) den gleichen Leitfähigkeitstyp hat wie der erste und zweite FET (M1, M2), und
- daß das Gate des fünften FET (M5) mit dem ersten Knoten (1) verbunden ist.

6. Integrierte Temperatursensorschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, gekennzeichnet durch

eine mit dem zweiten Knoten (2) verbundene Arbeitspunkteinstellschaltung (M6 - M9), die einen Spannungsteiler (M6, M7, M8) und eine zwischen dem Teilerknoten (8) desselben und dem zweiten Knoten (2) geschaltete



dritte Diode oder einen derart beschalteten Transistor (M9), daß dieser nur in einer Richtung leitet, aufweist.

7. Integrierte Temperatursensorschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet,

daß das Produkt eines durch die erste Stromspiegelschaltung (M1, M2) festgelegten ersten Quotienten (n) des zu dem ersten Knoten (1) fließenden Stromes ( $I_1$ ) zu dem zu dem zweiten Knoten (2) fließenden Strom ( $I_2$ ) und eines zweiten Quotienten (m) der Fläche (A2) der zweiten Diode (D2) zu derjenigen (A1) der ersten Diode (D1) ungleich 1 ist.

8. Integrierbare Temperatursensorschaltung nach Anspruch 7 in direkter oder indirekter Rückbeziehung auf Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet,

- daß die Flächen (A1, A2) der ersten und zweiten Diode (D1, D2) gleich sind, und
- daß der Quotient ( $W1, L2/L1, W2$ ) des Verhältnisses der Kanalbreite (W1) zu der Kanallänge (L1) des ersten FET (M1) zu dem Verhältnis der Kanalbreite (W2) zu der Kanallänge (L2) des zweiten FET (M2) zwischen 1,01 und 1,2 beträgt.

9. Integrierbare Temperatursensorschaltung nach einem der Ansprüche 4 bis 8 in direkter oder indirekter Rückbeziehung auf Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet,

- daß der Quotient ( $W2, L4/L2, W4$ ) des Verhältnisses ( $W2/L2$ ) der Kanalbreite zu der Kanallänge des zweiten FET (M2) zu demjenigen ( $W4/L4$ ) des vierten FET (M4) im wesentlichen dem Quotienten ( $W1, L3/L1, W3$ ) dieses Verhältnisses ( $W1/L1$ ) des ersten FET zu demjenigen ( $W3/L3$ ) des dritten FET (M3) gleicht.

10. Integrierbare Temperatursensorschaltung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet,

- daß die zweite Schaltung einen dritten und vierten Transistor (M3, M4) aufweist, deren Steuerelektroden (Gate M3, Gate M4) beide mit dem ersten oder beide mit dem zweiten Knoten (1, 2) in Wirkverbindung stehen, und
- daß die Eingangssteuerspannungen dieser Transistoren zwischen dem ersten bzw. zweiten Knoten (1, 2) und dem dritten Knoten (3) einerseits sowie dem vierten Knoten (4) andererseits anliegen.

11. Integrierbare Temperatursensorschaltung

- mit einer ersten, einen ersten und einen zweiten FET (M1', M2') aufweisenden Stromspiegelschaltung,
- mit einer zweiten, zu der ersten Stromspiegelschaltung komplementären, einen dritten und einen vierten FET (M3', M4') aufweisenden Schaltung, welche mit der ersten Stromspiegelschaltung an einem ersten und zweiten Knoten (1', 2') verbunden ist, und einen dritten und vierten Knoten (3', 4') aufweist,
- mit einem ersten Widerstand (R2'), der mit einem vierten Knoten (4') der zweiten Schaltung (M3', M4') und einem Bezugspotentialknoten (7') verbunden ist, und
- mit einem Ausgangsanschluß (5'),

dadurch gekennzeichnet,

- daß ein zweiter Widerstand (R1') vorgesehen ist, der mit einem dritten Knoten (3') und dem Bezugspotentialknoten (7') verbunden ist,

- daß die FETs (M1', M2', M3', M4') in ihrem Sättigungsbereich betrieben werden, und
- daß der Ausgangsanschluß (5') mit dem ersten Knoten (1') oder mit dem zweiten Knoten (2') verbunden ist.

12. Integrierbare Temperatursensorschaltung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet,

- daß der erste und der zweite FET (M1', M2') einen ersten Leitfähigkeitstyp haben und mit ihren Gates mit dem ersten Knoten (1') verbunden sind, und
- daß der dritte und der vierte FET (M3', M4') einen zweiten Leitfähigkeitstyp haben und mit ihren Gates mit dem zweiten Knoten (2') verbunden sind.

13. Integrierbare Temperatursensorschaltung nach Anspruch 11 oder 12, gekennzeichnet durch

- eine mit dem zweiten Knoten (2') verbundene Arbeitspunkteinstellschaltung (M5' bis M8'), die einen Spannungsteiler (M5', M6', M7') und eine zwischen dem Teilerknoten (6') desselben und dem zweiten Knoten (2') geschaltete Diode oder einen derart beschalteten Transistor (M8'), daß dieser (M8') nur in einer Richtung leitet, aufweist.

14. Integrierbare Temperatursensorschaltung nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet,

- daß der Quotient  $(W2L4/L2W4)$  des Verhältnisses  $(W2/L2)$  der Kanalbreite zu der Kanallänge des zweiten FET (M2') zu demjenigen  $(W4/L4)$  des vierten FET (M4') von dem Quotienten  $(W1L3/L1W3)$  dieses Verhältnisses  $(W1/L1)$  des ersten FET (M1') zu demjenigen  $(W3/L3)$  des dritten FET (M3') abweicht.

15. Integrierbare Temperatursensorschaltung nach einem der Ansprüche 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet,

- daß der zu dem ersten Knoten (1') fließende Strom ( $I_1'$ ) im wesentlichen mit dem zu dem zweiten Knoten (2') fließenden Strom ( $I_2'$ ) übereinstimmt.

16. Integrierbare Temperatursensorschaltung nach einem der Ansprüche 11 bis 15, dadurch gekennzeichnet,

- daß der dritte und der vierte FET ( $M3'$ ,  $M4'$ ) mit ihren Gates beide mit dem ersten oder beide mit dem zweiten Knoten (1', 2') in Wirkverbindung stehen, und
- daß die Gate-Source-Spannungen dieser FETs zwischen dem ersten bzw. zweiten Knoten (1', 2') und dem dritten Knoten (3') einerseits sowie dem vierten Knoten (4') andererseits anliegen.



2 / 2

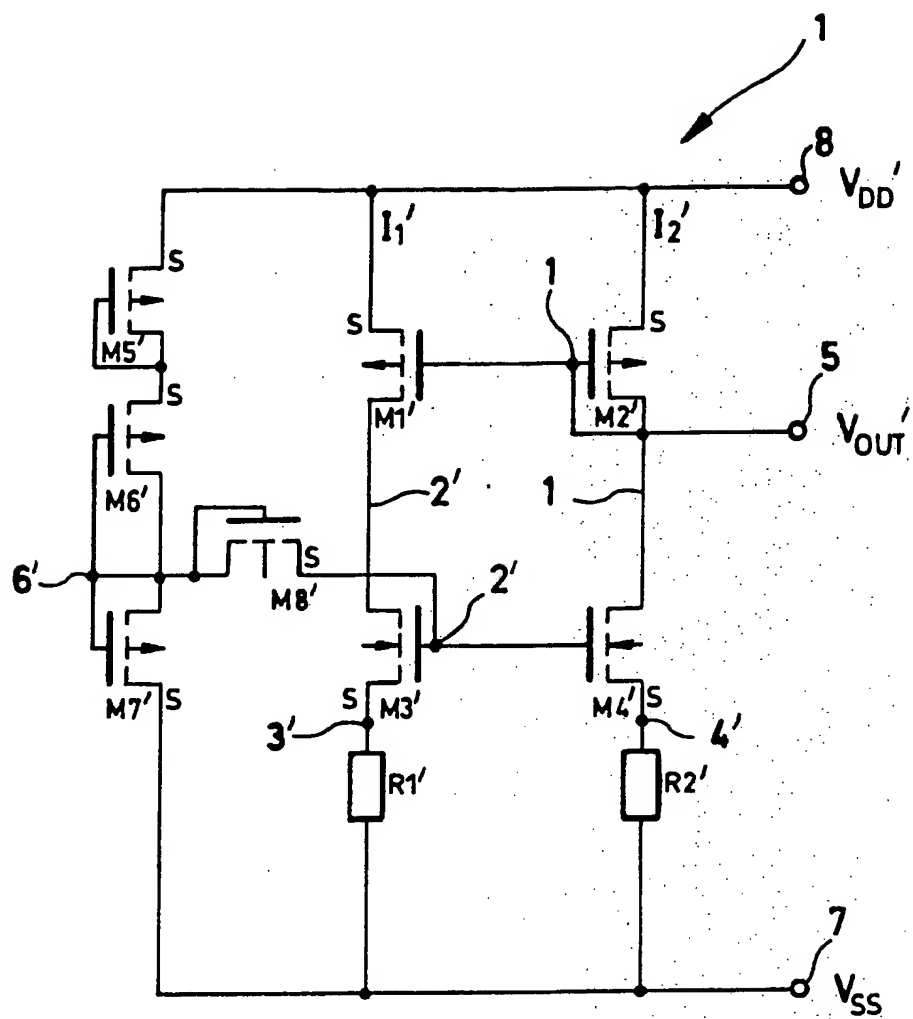


FIG. 2

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No. PCT/DE 90/00607

<b>I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> (If several classification symbols apply, indicate all) *		
According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC Int.Cl. <sup>5</sup> G 01 K 7/00		
<b>II. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum Documentation Searched <sup>7</sup>		
Classification System	Classification Symbols	
Int.Cl. <sup>5</sup>	G 01 K	
Documentation Searched other than Minimum Documentation to the Extent that such Documents are Included in the Fields Searched <sup>8</sup>		
<b>III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT <sup>9</sup></b>		
Category <sup>9</sup>	Citation of Document, <sup>11</sup> with indication, where appropriate, of the relevant passages <sup>12</sup>	Relevant to Claim No. <sup>13</sup>
A	GB, A, 2096771 (CITIZEN WATCH COMPANY) 20 October 1982, see figures 3,4; introduction; page 2, line 42 - page 3, line 30 <div style="text-align: center;">---</div>	1-5,7-12, 14-16
A	DE, A, 2644597 (PHILIPS PATENTVERWALTUNG GmbH) 6 April 1978, see figures: the whole document <div style="text-align: center;">---</div>	1-3
A	FR, A, 2627027 (SGS-THOMSON MICROELECTRONICS S.A.) 11 August 1989, see figures; the whole document <div style="text-align: center;">-----</div>	1
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 48%;"> <p><sup>10</sup> Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> </div> <div style="width: 48%;"> <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"A" document member of the same patent family</p> </div> </div>		
<b>IV. CERTIFICATION</b>		
Date of the Actual Completion of the International Search 17 October 1990 (17.10.90)	Date of Mailing of this International Search Report 14 November 1990 (14.11.90)	
International Searching Authority European Patent Office	Signature of Authorized Officer	

# ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT ON INTERNATIONAL PATENT APPLICATION NO.

DE 9000607

SA 38985


This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report. The members are as contained in the European Patent Office EDP file on 30/10/90. The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
GB-A- 2096771	20-10-82	JP-A- 57148221 US-A- 4448549	13-09-82 15-05-84
DE-A- 2644597	06-04-78	None	
FR-A- 2627027	11-08-89	None	



# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/DE 90/00607

<b>I. KLASSIFIKATION DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS</b> (bei mehreren Klassifikationssymbolen sind alle anzugeben) <sup>6</sup>		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
Int.Cl. <sup>5</sup> G 01 K 7/00		
<b>II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE</b>		
Recherchierter Mindestprüfstoff <sup>7</sup>		
Klassifikationssystem	Klassifikationssymbole	
Int.Cl. <sup>5</sup>	G 01 K	
Recherchierte nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen <sup>8</sup>		
<b>III. EINSCHLÄGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN<sup>9</sup></b>		
Art*	Kennzeichnung der Veröffentlichung <sup>11</sup> , soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile <sup>12</sup>	Betr. Anspruch Nr. <sup>13</sup>
A	GB, A, 2096771 ( CITIZEN WATCH COMPANY) 20. Oktober 1982 siehe Figuren 3,4; Einführung; Seite 2, Zeile 42 - Seite 3, Zeile 30 ---	1-5, 7-12, 14-16
A	DE, A, 2644597 (PHILIPS PATENTVERWALTUNG GmbH) 6. April 1978 siehe Figuren; das ganze Dokument ---	1-3
A	FR, A, 2627027 (SGS-THOMSON MICROELECTRONICS S.A.) 11. August 1989 siehe Figuren; das ganze Dokument -----	1
<p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen<sup>10</sup>:</p> <p>"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</p> <p>"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)</p> <p>"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</p> <p>"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</p> <p>"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist</p> <p>"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</p> <p>"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist</p> <p>"&amp;" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</p>		
<b>IV. BESCHEINIGUNG</b>		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
17. Oktober 1990		14. 11. 90
Internationale Recherchenbehörde		Unterschrift des bevollmächtigten Bediensteten
Europäisches Patentamt		 Michael Weinberg

# ANHANG ZUM INTERNATIONALEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE INTERNATIONALE PATENTANMELDUNG NR.

DE 9000607  
SA 38985

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten internationalen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente angegeben.  
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am 30/10/90  
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
GB-A- 2096771	20-10-82	JP-A- 57148221 US-A- 4448549	13-09-82 15-05-84
DE-A- 2644597	06-04-78	Keine	
FR-A- 2627027	11-08-89	Keine	

EPO FORM P0073

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**